

# OPTICAL ELEMENT HAVING QUANTUM WELL STRUCTURE

Publication number: JP4174585

Publication date: 1992-06-22

Inventor: TAKANO SHINJI

Applicant: NIPPON ELECTRIC CO

Classification:

- international: G02F1/025; G02F1/017; G02F1/35; G02F1/355;  
H01L21/20; H01L33/00; H01S5/00; G02F1/01;  
G02F1/35; H01L21/02; H01L33/00; H01S5/00; (IPC1-7):  
G02F1/025; G02F1/35; H01L21/20; H01L33/00;  
H01S3/18

- European: G02F1/017R; Y01N10/00

Application number: JP19900302232 19901107

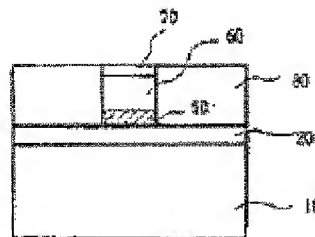
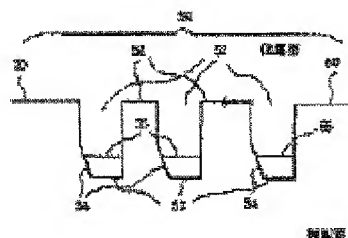
Priority number(s): JP19900302232 19901107

[Report a data error here](#)

## Abstract of JP4174585

**PURPOSE:** To increase the light emitting and absorbing efficiencies of the title element by using such a quantum well structure that the interface between a well and barrier layers is constituted of an inclined layer having a continuously varying forbidden band width.

**CONSTITUTION:** A barrier layer 51 is made of InP and a well layer 52 is composed of an InGaAs layer 53 and inclined layer 54. The composition of the inclined layer 54 gradually changes from InGaAsP to InGaAs. After an n-InP clad layer 20, quantum well structure 50, p-InP clad layer 60, and p-InGaAsP contact layer 70 are formed on an n-InP semiconductor substrate 10, a multiplexed quantum well optical modulator having such structure is buried by means of high-resistance InP (Fe-doped) 80. By using such structure, an optical modulator which is low in driving voltage and has an excellent damping ratio is obtained. In other words, a high-performance element having a quantum well structure which is high in light emitting and absorbing efficiencies can be obtained.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

## ⑫ 公開特許公報(A) 平4-174585

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

H 01 S 3/18  
G 02 F 1/025  
1/35  
H 01 L 21/20  
33/00

識別記号

5 0 5

A

片内整理番号

9170-4M  
7159-2K  
7246-2K  
9171-4M  
8934-4M

⑭ 公開 平成4年(1992)6月22日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全5頁)

⑮ 発明の名称 量子井戸構造光素子

⑯ 特 願 平2-302232

⑰ 出 願 平2(1990)11月7日

⑱ 発 明 者 高 野 信 司 東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目7番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

## 明 細 書

## 発 明 の 名 称

量子井戸構造光素子

## 特 許 請 求 の 範 囲

1. 半導体基板上に、量子井戸構造を含む半導体薄膜を積層してなる量子井戸構造光素子において、前記量子井戸構造の井戸層と障壁層の界面のうち少なくとも一方の界面が、連続的に禁制帯幅の変化する傾斜層であることを特徴とする量子井戸構造光素子。

2. 請求項1記載の量子井戸構造光素子において、前記界面の一部の禁制帯幅が連続的に変化することを特徴とする量子井戸構造光素子。

3. 請求項1記載の量子井戸構造光素子において、量子井戸構造に印加される電界の正電位側の界面の禁制帯幅が連続的に変化することを特徴とする量子井戸構造光素子。

## 発 明 の 詳 細 な 説 明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は量子井戸構造光素子に関する。

## 〔従来の技術〕

近年、有機金属気相エビタキシー(MOVPE)技術、分子線エビタキシー(MBE)技術などの薄膜結晶成長技術の急速な進展に伴い、単原子層の厚さの精度で急峻な組成変化を持った良質な半導体ヘテロ接合界面が製作されるようになった。これらのヘテロ接合によって形成されるポテンシャル井戸構造、超格子構造では電子の波動性に起因する特異な光学特性、電気特性を有しておりデバイス応用への研究が活発化している。このような電子の波動性の顕在化する現象の中で最も代表的なものには量子サイズ効果とトンネル効果がある。

例えばトンネル効果をデバイスに応用した例としては、共鳴トンネルダイオード、ホットエレクトロントランジスタがある。

また、量子井戸層を活性層とした量子井戸構造

半導体レーザは前述のような量子サイズ効果によって生じる高い状態密度をもつ量子準位間の電子遷移を利用したもので、従来のダブルヘテロ接合半導体レーザに比べ、(1)低発振しきい電流、(2)温度安定性、(3)高い発光効率、(4)緩和振動周波数の増大、(5)スペクトル線幅、チャージング低減など、多くの特徴を有していることが報告されている。これらの優れた特性は2次元平面内に電子および正孔を局在させたために生じた量子力学的効果による。

さらに量子サイズ効果を光素子に応用した例として、電界吸収形の多重量子井戸光変調器がある。これは量子井戸構造が二次元的なバンド構造を有するため急峻な吸収端をもち、また室温においても励起子が存在し電界効果がバルクに比べて大きいことを利用しようとするものである。量子井戸構造に垂直に $10^5$  V/cm程度の高電界印加時にも励起子は解離せず、励起子吸収ピークは電界強度の2乗に比例して長波長側にシフトする。このような量子閉じ込めシュタルク効果(Quantum

Confined Stark Effect)を応用した例としては、K.Wakita等が1987年にジャーナル・オブ・クワンタム・エレクトロニクス誌QE-23巻2210-2215頁(K.Wakita et al., IEEE J. Quantum Electron., QE-23, pp.2210-2215, 1987)に報告した電界吸収形の多重量子井戸光変調器がある。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかし、一般に量子井戸構造に垂直に電界が印加された場合では波動関数の対称性が失われ、第4図に示すように伝導帯の波動関数 $\psi_c$ は印加電界に対して正電位側に、価電子帯の波動関数 $\psi_v$ は負電位側に移動する。また、印加電界の増加とともに実効的なエネルギーギャップは減少する。従って、波動関数 $\psi_c$ 、 $\psi_v$ の空間的な分離によって遷移の確率を与える行列要素は減少するため、前述したような従来の量子井戸構造光素子においては発光および吸収効率の低下が生じていた。

〔課題を解決するための手段〕

前述の課題を解決するために本発明が提供する

手段は、半導体基板上に、量子井戸構造を含む半導体薄膜を積層してなる量子井戸構造光素子において、井戸層と障壁層の界面のうち少なくとも一方の界面が、連続的に禁制帯幅の変化する傾斜層である量子井戸構造を用いる。

すなわち、本発明では井戸層と障壁層の界面が連続的に禁制帯幅の変化する傾斜層である量子井戸構造を用い、波動関数の空間的な分離を抑えることによって遷移確率を与える行列要素の減少を抑制し、量子井戸構造光素子における発光および吸収効率の増大を図っている。

〔作用〕

第3図は本発明の原理を説明する量子井戸構造の電界印加時のエネルギー図である。電界印加時に波動関数 $\psi_c$ 、 $\psi_v$ は空間的に分離するが、本発明によれば、障壁層との界面では禁制帯幅が連続的に変化しているため、電界印加による実効的なエネルギーギャップの減少に伴い、伝導帯の波動関数 $\psi_c$ は前述の空間的分離を打消す方向に移動する。

この場合では、伝導帯のエネルギー不連続 $\Delta E_c$ が価電子帯のエネルギー不連続 $\Delta E_v$ よりも小さく、正電位側の禁制帯幅が連続的に変化する傾斜層としているが、伝導帯のエネルギー不連続の方が大きい場合等では負電位側の界面を傾斜層とした方が有効となる場合がある。

〔実施例〕

本発明による第一の実施例を第1図を参照して詳細に説明する。量子井戸構造の成長法としては有機金属気相成長(MOVPE)法を用いた。

第1図(a)に本発明による量子井戸構造50のエネルギーバンド図を示す。障壁層51はInPであり、井戸層52はInGaAs層(厚さ40Å)53および傾斜層54から構成され、傾斜層54は厚さ15Åでその組成は1.4μm組成InGaAsPからInGaAsまで連続的に変化している。55、56はそれぞれ井戸層の伝導帯、価電子帯の基底量子準位であり、その禁制帯幅は0.85eV(波長換算で1.46μm)である。

第1図(b)は上記の構造を用いた多重量子井戸光変調器の断面図である。n-InP半導体基板10上にn-InPクラッド層20、量子井戸構造50、p-InPクラッド層60、p-InGaAsPコンタクト層70を成長後、幅約3 $\mu$ mの導波部をエッチングにより形成した後、高抵抗InP(Fed- $\phi$ )80によって埋め込んだ。

上記の構造により、低駆動電圧(2~3V)で良好な減衰比(15dB以上)の光変調器が得られた。

本発明による第二の実施例を第2図を参照して説明する。

第一の実施例と異なるのは、本実施例では電子と正孔の有効質量の違いを利用して、伝導帯の基底量子単位が傾斜層に位置し、価電子帯の基底量子単位が急峻な界面に位置するようにしている点である。本実施例では価電子帯の波動関数の電界による移動も第一の実施例のような場合に比べ抑えられるため効果はさらに大きい。

第2図に本発明による量子井戸構造150のエネルギーバンド図を示す。障壁層151はInPであり、井戸層152はInGaAs層(厚さ40 $\text{\AA}$ )153、第1の界面157および第2の界面158、傾斜層154から構成され、傾斜層154は厚さ15 $\text{\AA}$ での組成は1.42 $\mu$ m組成InGaAsPから1.55 $\mu$ m組成InGaAsPまで連続的に変化している。155、156はそれぞれ井戸層の伝導帯、価電子帯の基底量子単位であり、その禁制帯幅は0.85eV(波長換算で1.46 $\mu$ m)である。

上記の量子井戸構造を用い第一の実施例と同様な構造の光変調器を作製したところ、低駆動電圧(~2V)で良好な減衰比(20dB以上)を有する優れた特性の光変調器が得られた。

上記実施例ではInP系半導体を用いた量子井戸構造光素子を例に説明したが、他の半導体、例えばGaAs/GaAlAs系半導体を用いた場合でも有効である。また光変調器に限らず半導体レーザー、発光ダイオード等の発光素子にも応用可

能である。

〔発明の効果〕

以上述べてきたように、本発明によれば発光および吸収効率の高い高性能な量子井戸構造光素子を得ることができる。

図面の簡単な説明

第1図は本発明の第一の実施例の説明図であり、第2図は本発明の第二の実施例の説明図である。第3図は本発明の作用の説明図、第4図は従来構造の説明図である。

図中、10はn-InP半導体基板、20はn-InPクラッド層、50は量子井戸構造、51は障壁層、52は井戸層、53はInGaAs層、54は傾斜層、55は伝導帯の基底量子単位、56は価電子帯の基底量子単位、60はp-InPクラッド層、70はp-InGaAsPコンタクト層、150は量子井戸構造、151は障壁層、152は井戸層、153はInGaAs層、154は傾斜層、155は伝導帯の基底量子

単位、156は価電子帯の基底量子単位、157は第1の界面、158は第2の界面である。

代理人 弁理士 内 原 晋



第 4 図

